



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 40 04 116 A 1**

②① Aktenzeichen: P 40 04 116.6  
②② Anmeldetag: 10. 2. 90  
②③ Offenlegungstag: 14. 8. 91

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 23 C 14/34**  
C 23 C 14/38  
C 08 J 7/06  
C 08 L 33/12  
// B05D 7/02

DE 4004116 A1

⑦① Anmelder:  
Leybold AG, 6450 Hanau, DE

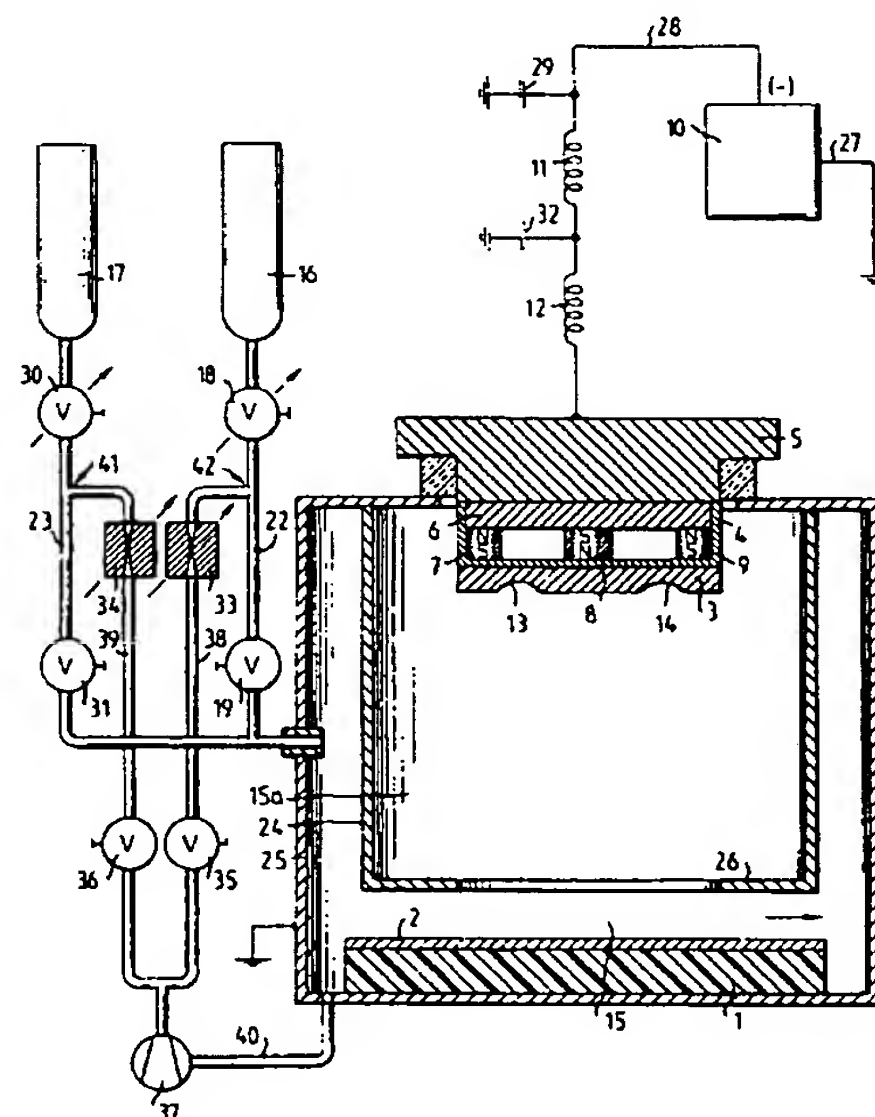
⑦② Erfinder:  
Sichmann, Eggo, Dipl.-Ing., 6460 Gelnhausen, DE;  
Fritsche, Wolf-Eckart, Dipl.-Phys., 8752  
Kleinostheim, DE; Schlüssler, Jim, 6466 Gründau, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-OS 25 40 521  
JP 59-1 62 273  
JP 010-09 731

⑤④ Vorrichtung zum Beschichten eines Kunststoffsubstrats, vorzugsweise eines  
Polymethylmethacrylat-Substrats, mit Metallen

⑤⑦ Bei einem Verfahren zum Beschichten eines Substrats (1)  
aus Polymethylmethacrylat mit Aluminium, mit Hilfe einer  
Gleichstromquelle (10), welche mit einer in einer evakuierba-  
ren Beschichtungskammer (15a) angeordneten Elektrode (5)  
verbunden ist, die elektrisch mit einem Target (3) in  
Verbindung steht, das zerstäubt wird und dessen zerstäubte  
Teilchen sich auf dem Substrat (1) niederschlagen, wobei in  
die Beschichtungskammer (15, 15a) Prozeßgase einbringbar  
sind, wird zur Verbesserung der Haftfestigkeit und Lebens-  
dauer der Schicht (2) in einem ersten Beschichtungsschritt  
ein Argon-Plasma mit extrem kurzer Dauer in der Beschich-  
tungskammer (15, 15a) aufrecht erhalten, bis der dabei  
erzeugte Sputterprozeß vom oxidischen zum metallischen  
Prozeß übergeht und in einen zweiten Beschichtungsschritt  
Helium-Gas in die Beschichtungskammer (15, 15a) eingelassen  
und ein Helium-Plasma gezündet und in einem dritten  
Beschichtungsschritt Argon-Gas in die Beschichtungskam-  
mer (15, 15a) eingelassen und ein Argon-Plasma gezündet,  
wobei dieser Argon-Plasmaprozeß bis zum Erreichen der  
Soll-Schichtdicke aufrecht erhalten wird.



DE 4004116 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Beschichten eines Kunststoffsubstrats, vorzugsweise eines Polymethylmethacrylat-Substrats, mit Metall, insbesondere mit Aluminium, mittels einer Gleichstromquelle, welche mit einer in einer evakuierbaren Beschichtungskammer angeordneten Elektrode verbunden ist, die elektrisch mit einem Target in Verbindung steht, das zerstäubt wird und dessen zerstäubte Teilchen sich auf dem Substrat niederschlagen, wobei in die Beschichtungskammer Prozeßgase einbringbar sind, wozu die Beschichtungskammer über Gaszuführungsleitungen sowohl mit einem Argon-Gas als auch mit einem mit Helium-Gas gefüllten Behälter verbindbar ist, wozu in die Gaszuführungsleitungen Ventile eingeschaltet sind, über die die Gase dosiert in die Beschichtungskammer einlaßbar sind.

Bei bekannten Verfahren wird eine Aluminiumschicht unmittelbar auf das Kunststoffsubstrat, z. B. auf Polycarbonat, aufgesputtert, und zwar ohne eine Zwischen- oder Haftschrift.

Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß nur Substrate mit begrenzten Abmessungen beschichtet werden können, da ab einer bestimmten Substratgröße das Polycarbonat doppelbrechend wird, so daß beispielsweise Informationen von Video- oder Audio-CD-Platten nicht mehr fehlerfrei abgetastet werden können.

Ein besonderes Problem besteht beim Beschichten von Kunststoffen aus der Gruppe der Polymethylacrylate, die beispielsweise als "Plexiglas" im Handel sind. Hier hat sich gezeigt, daß offenbar infolge der besonderen Empfindlichkeit dieses Werkstoffs gegen UV-Strahlung eine geringe Haftfestigkeit der aufgesputterten Schicht besteht. Tatsächlich strahlt das Plasma beim Sputtern mit den Edelgasen Neon, Argon, Krypton und Xenon hauptsächlich UV-Strahlen im Wellenlängenbereich von 70 bis 125 nm aus.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zu schaffen, die geeignet ist, die Haftfestigkeit einer aufgesputterten Aluminiumschicht auf dem Kunststoffsubstrat wesentlich zu verbessern, ohne daß herkömmliche bzw. bereits vorhandene Vorrichtungen oder Anlagen dafür ungeeignet sind bzw. ohne daß an diesen wesentliche oder kostspielige Umbauten oder Änderungen vorgenommen werden müssen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in einem ersten Beschichtungsschritt ein Argon-Plasma während einer extrem kurzen Dauer in der Beschichtungskammer aufrecht erhalten wird, vorzugsweise bis der dabei erzeugte Sputterprozeß vom oxidischen zum metallischen Prozeß übergeht, daß für einen zweiten Beschichtungsschritt Helium-Gas in die Beschichtungskammer eingelassen und ein Helium-Plasma gezündet wird und daß für einen dritten Beschichtungsschritt Argon-Gas in die Beschichtungskammer eingelassen und ein Argon-Plasma gezündet wird, wobei dieser Argon-Plasmaprozeß bis zum Erreichen der Soll-Schichtdicke aufrecht erhalten wird.

Bei der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist zweckmäßigerweise jede Gaszuführungsleitung mit jeweils einer Abpumpleitung verbunden, in die jeweils ein Absperrventil eingeschaltet ist und die an eine Vakuumpumpe anschließbar ist.

Mit Vorteil ist dabei in jede Abpumpleitung ein Drosselventil eingeschaltet, wobei dieses Drosselventil jeweils in den Leitungsabschnitt zwischen der Leitungs-

verzweigung mit der zugehörigen Gaszuführungsleitung einerseits und dem Absperrventil andererseits angeordnet ist.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung sind in den Patentansprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung läßt die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten zu; eine davon ist in der anhängenden Zeichnung schematisch näher dargestellt, die eine Sputteranlage für das Beschichten von Kunststoffsubstraten zeigt.

In der Zeichnung ist ein Kunststoffsubstrat 1 dargestellt, das mit einer dünnen Aluminiumschicht 2 versehen werden soll. Diesem Substrat 1 liegt ein Target 3 gegenüber, das zu zerstäuben ist. Das Target 3 steht über ein im Schnitt U-förmiges Element 4 mit einer Elektrode 5 in Verbindung, die auf einem Joch 6 ruht, welches zwischen sich und dem Element 4 drei Dauermagnete 7, 8, 9 einschließt. Die auf das Target 3 gerichteten Polaritäten der Pole der drei Dauermagnete 7, 8, 9 wechseln sich ab, so daß jeweils die Südpole der beiden äußeren Dauermagnete 7, 9 mit dem Nordpol des mittleren Dauermagneten 8 ein etwa kreisbogenförmiges Magnetfeld durch das Target 3 bewirken. Dieses Magnetfeld verdichtet das Plasma vor dem Target 3, so daß es dort, wo die Magnetfelder das Maximum ihres Kreisbogens besitzen, seine größte Dichte hat. Die Ionen im Plasma werden durch ein elektrisches Feld beschleunigt, das sich aufgrund einer Gleichspannung aufbaut, die von einer Gleichstromquelle 10 angegeben wird. Diese Gleichstromquelle 10 ist mit ihrem negativen Pol über zwei Induktivitäten 11, 12 mit der Elektrode 5 verbunden. Das elektrische Feld steht senkrecht auf der Oberfläche des Targets 3 und beschleunigt die positiven Ionen des Plasmas in Richtung auf dieses in der Prozeßkammer 25 bzw. im Behälter 24 angeordnete Target 3. Hierdurch werden mehr oder weniger viele Atome oder Partikel aus dem Target 3 herausgeschlagen, und zwar insbesondere aus den Gebieten 13, 14, wo die Magnetfelder ihre Maxima haben. Die zerstäubten Atome oder Partikel wandern in Richtung auf das Substrat 1, das sich unterhalb der Blende 26 am Boden des Behälters 25 befindet, wo sie sich als dünne Schicht 2 niederschlagen.

Für die Steuerung der dargestellten Anordnung kann ein Prozeßrechner vorgesehen werden, der Meßdaten verarbeitet und Steuerungsbefehle abgibt. Diesem Prozeßrechner können beispielsweise die Werte des gemessenen Partialdrucks in der Beschichtungskammer 15, 15a zugeführt werden. Aufgrund dieser und anderer Daten kann er zum Beispiel den Helium-Gasfluß an dem Behälter 16 oder den Argon-Gasfluß aus dem Behälter 17 über die in die Zuführungsleitung 22 eingeschalteten Ventile 18, 19 bzw. über die in die Zuführungsleitung 23 eingeschalteten Ventile 30, 31 regeln und die Spannung an der Kathode 5 einstellen. Der Prozeßrechner ist auch in der Lage, alle anderen Variablen, zum Beispiel die Stromzufuhr zu überwachen. Da derartige Prozeßrechner bekannt sind, wird auf eine Beschreibung ihres Aufbaus verzichtet.

Eine deutliche Steigerung der Haftfestigkeit der Schicht 2 auf dem Polymethylmethacrylat-Substrat 1 ist das Ergebnis der Verwendung von Helium-Gas als als Prozeßgas, bis eine Schichtdicke erreicht ist (z. B. Aluminium 350 – 400 Å), die für UV-Strahlung des anschließenden Argon-Prozesses undurchlässig ist.

Für den Sputterprozeß wird in einer ersten Phase des Prozesses ein Argon-Plasma während einer extrem kurzen Zeitdauer in der Beschichtungskammer 15, 15a aufrecht erhalten, und zwar so lange, bis der dabei erzeugte

Sputterprozeß, insbesondere durch Ausgasung des PMMA-Substrats, vom oxidischen zum metallischen Prozeß übergeht, woraufhin für eine zweite Phase des Prozesses Helium-Gas in die Beschichtungskammer 15, 15a über die Zuführungsleitung 22 eingelassen wird, so daß ein Helium-Plasma gezündet werden kann, woraufhin für eine dritte Prozeßphase wiederum Argon-Gas über die Zuführungsleitung 23 in die Beschichtungskammer 15, 15a eingelassen und ein Argon-Plasma gezündet wird, wobei dieser Argon-Plasmaprozeß bis zum Erreichen der gewünschten Dicke der Schicht 2 aufrecht erhalten wird.

Um bei Abschluß der einzelnen Prozeßphasen (I – III) ein rasches Spülen bzw. Auspumpen der Beschichtungskammer und der einzelnen Gaszuführungsleitungen 22, 23 bzw. des Anschlußstutzens 21 zu ermöglichen, ist eine besondere Vakuumpumpe 37 über Abpumpleitungen 38, 39 bzw. 40 an die Leitungen 22, 23 bzw. die Beschichtungskammer 15, 15a angeschlossen. Die Abpumpleitungen 38, 39 sind mit Ventilen 35, 36 versehen, die verhindern, daß bei geöffneten Ventilen 18, 30 Gas aus den Behältern 16, 17 direkt nach außen strömen kann. Um den Gasaustritt aus den Rohren 22, 23 zu mindern, sind Drosselventile 33, 34 in die Abpumpleitungen 38, 39 eingeschaltet.

### Beispiel:

#### Beschichtung einer PMMA-CD mit Aluminium

##### 1. Beschichtungsschritt: "Substrat-Target-Vorbereitung"

Es wird ein Ar-Plasma mit extrem kurzer Dauer so lange aufrecht erhalten, bis die Beschichtung vom oxidischen ins metallische Sputtern übergegangen ist.

##### Grund:

Während des Beschichtungsbeginnes gas PMMA stark aus. Ein Ar-Plasma zeigt sich aufgrund des hohen Sputter-Yieldes unkritisch gegen Oxidation, und das Target bleibt trotz Ausgasung "sauber". Es findet keine nennenswerte Beschichtung statt. Durch die höhere Sputterrate beim Sputtern mit Ar wird die Oberfläche mit einem Hauch Al "versiegelt", so daß die Ausgasung des PMMA-Substrats verhindert wird.

##### 2. Beschriftungsschritt: "Schutzschicht gegen UV-Strahlung"

Diese Schicht (ca. 400 Å) wird mit He-Plasma aufgetragen. Da durch Schritt 1 der Kunststoff praktisch nicht mehr ausgas, kann sofort ein He-Plasma gezündet werden, ohne in den kritischen oxidischen Zustand zu gelangen.

##### 3. Beschichtungsschritt: "Normalschicht"

Durch Beschichtungsschritt 2 ist das PMMA-Substrat vor der UV-Strahlung geschützt, und es kann ein herkömmliches Ar-Plasma gezündet werden, bis die gewünschte Schichtdicke erreicht ist.

### Substratbelastung und Schichtdicken der einzelnen Schichten bei einer Gesamtdicke von ca. 1000 Å (Gesamtbeschichtungszeit ca. 7 s).

	Schichtdicke (Å)	Substratbelastung (%)
1. Schritt Ar-Plasma:	0	< 1
2. Schritt He-Plasma	ca. 400	91
3. Schritt Ar-Plasma:	ca. 600	8

### Auflistung der Einzelteile

- 1 Substrat
- 2 Schicht, Aluminiumschicht
- 3 Target
- 4 U-förmiges Element
- 5 Elektrode
- 6 Joch
- 7 Dauermagnet
- 8 Dauermagnet
- 9 Dauermagnet
- 10 Gleichstromquelle
- 11 Induktivität
- 12 Induktivität
- 13 Sputtergraben (Gebiet)
- 14 Sputtergraben (Gebiet)
- 15, 15a Raum, Beschichtungskammer
- 16 Gasbehälter, Helium
- 17 Gasbehälter, Argon
- 18 Ventil
- 19 Ventil
- 21 Einlaßstutzen
- 22 Gaszuführungsleitung
- 23 Gaszuführungsleitung
- 24 Behälter
- 25 Behälter, Prozeßkammer
- 26 Blende
- 27 elektrischer Anschluß (Masse-Leitung)
- 28 elektrischer Anschluß
- 29 Kondensator
- 30 Ventil
- 31 Ventil
- 32 Kondensator
- 33 Drosselventil
- 34 Drosselventil
- 35 Ventil, Absperrventil
- 36 Ventil, Absperrventil
- 37 Vakuumpumpe
- 38 Abpumpleitung
- 39 Abpumpleitung
- 40 Abpumpleitung
- 41 Leitungsverzweigung
- 42 Leitungsverzweigung

### Patentansprüche

1. Verfahren und Vorrichtung zum Beschichten eines Kunststoffsubstrats (1), vorzugsweise eines Polymethylmethacrylat-Substrats, mit Metall, bestehend aus einer Gleichstromquelle (10), welche mit einer in einer evakuierbaren Beschichtungskammer (15, 15a) angeordneten Elektrode (5) verbunden ist, die elektrisch mit einem Target (3) in Verbindung steht, das zerstäubt wird und dessen

zerstäubte Teilchen sich auf dem Substrat (1), niederschlagen, wobei in die Beschichtungskammer (15, 15a) Prozeßgase einbringbar sind, wozu die Beschichtungskammer (15, 15a) über Gaszuführungsleitungen (22, 23) sowohl mit einem mit Argon-Gas als auch mit einem mit Helium-Gas gefüllten Behälter (16 bzw. 17) verbindbar ist, wozu in die Gaszuführungsleitungen (22, 23) Ventile (18, 19 bzw. 30, 31) eingeschaltet sind, über die die Gase dosiert in die Beschichtungskammer (15, 15a) einlaßbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem ersten Beschichtungsschritt ein Argon-Plasma während einer extrem kurzen Dauer in der Beschichtungskammer (15, 15a) aufrecht erhalten wird, vorzugsweise bis der dabei erzeugte Sputterprozeß vom oxidischen zum metallischen Prozeß übergeht, daß für einen zweiten Beschichtungsschritt Helium-Gas in die Beschichtungskammer (15, 15a) eingelassen und ein Helium-Plasma gezündet wird und daß für einen dritten Beschichtungsschritt Argon-Gas in die Beschichtungskammer (15, 15a) eingelassen und ein Argon-Plasma gezündet wird, wobei dieser Argon-Plasmaprozeß bis zum Erreichen der Soll-Schichtdicke aufrecht erhalten wird.

2. Vorrichtung zum Beschichten eines Kunststoffsubstrats (1), vorzugsweise eines Polymethylmethacrylat-Substrats, mit Metall, insbesondere mit Aluminium, bestehend aus einer Gleichstromquelle (10), welche mit einer in einer evakuierbaren Beschichtungskammer (15, 15a) angeordneten Elektrode (5) verbunden ist, die elektrisch mit einem Target (3) in Verbindung steht, das zerstäubt wird und dessen zerstäubte Teilchen sich auf dem Substrat (1) niederschlagen, wobei in die Beschichtungskammer (15, 15a) Prozeßgase einbringbar sind, wozu die Beschichtungskammer (15, 15a) über Gaszuführungsleitungen (22, 23) sowohl mit einem Argon-Gas als auch mit einem mit Helium-Gas gefüllten Behälter (16 bzw. 17) verbindbar ist, wozu in die Gaszuführungsleitungen (22, 23) Ventile (18, 19 bzw. 30, 31) eingeschaltet sind, über die die Gase dosiert in die Beschichtungskammer (15, 15a) einlaßbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß jede Gaszuführungsleitung (22 bzw. 23) mit jeweils einer Abpumpleitung (38 bzw. 39) verbunden ist, in die jeweils ein Absperrventil (35 bzw. 36) eingeschaltet ist und die an eine Vakuumpumpe (37) anschließbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in jede Abpumpleitung (38, 39) ein Drosselventil (33, 34) eingeschaltet ist, wobei dieses Drosselventil (33, 34) jeweils in den Leitungsabschnitt zwischen der Leitungsverzweigung (41, 42) mit der zugehörigen Gaszuführungsleitung (22, 23) einerseits und dem Absperrventil (35, 36) andererseits angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ansteuerung sowohl der den Gasbehälter (16, 17) unmittelbar nachgeschalteten Gaseinlaßventile (18, 30) als auch der zwischen dem Einlaßstutzen (21) und den Leitungsverzweigungen (41, 42) in die Gaszuführungsleitungen (22, 23) eingeschalteten Ventile (19, 31) elektrisch und über einen Prozeßrechner erfolgt.

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ansteuerung der in die Abpumpleitungen (38, 39) eingeschalteten Drosselventile (33, 34) und Absperrventile (35, 36)

elektrisch und über einen Prozeßrechner erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

– Leerseite –

